

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 06-220579

(43)Date of publication of application : 09.08.1994

(51)Int.Cl.

C22C 38/00
C22C 38/60

(21)Application number : 05-009454

(71)Applicant : SUMITOMO METAL IND LTD

(22)Date of filing : 22.01.1993

(72)Inventor : NAKAZATO FUKUKAZU
KAMATA YOSHIHIKO
NAKAHARA MASAHIRO
UNO MITSUO

(54) SOFT-NITRIDING STEEL

(57)Abstract:

PURPOSE: To provide a soft-nitriding steel having pitting resistance or spalling resistance by performing soft-nitriding treatment under ordinary conditions.

CONSTITUTION: This steel can be produced by blending 0.60-0.85% C, 0.20-1.50% Si, 0.40-1.60% Mn, >0.30-1.50% Cr, 0.05-0.80% V, 0.05-0.50% Mo, and further, if necessary, one or ≥ 2 kinds selected from the group consisting of 0.020-0.100% Al, 0.010-0.100% Ti, 0.010-0.100% Nb, and 0.0005-0.0050% B and/or one or ≥ 2 kinds selected from the group consisting of 0.040-0.130% S, 0.030-0.350% Pb, and 0.0010-0.0100% Ca.

LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

06.06.2000

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平6-220579

(43)公開日 平成6年(1994)8月9日

(51)Int.Cl. ⁵	識別記号	庁内整理番号	FI	技術表示箇所
C 2 2 C 38/00 38/60	3 0 1 N			

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 7 頁)

(21)出願番号 特願平5-9454

(22)出願日 平成5年(1993)1月22日

(71)出願人 000002118

住友金属工業株式会社

大阪府大阪市中央区北浜4丁目5番33号

(72)発明者 中里 福和

北九州市小倉北区許斐町1番地 住友金属
工業株式会社小倉製鉄所内

(72)発明者 鎌田 芳彦

北九州市小倉北区許斐町1番地 住友金属
工業株式会社小倉製鉄所内

(72)発明者 中原 正弘

北九州市小倉北区許斐町1番地 住友金属
工業株式会社小倉製鉄所内

(74)代理人 弁理士 広瀬 章一

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 軟窒化鋼

(57)【要約】

【目的】 通常の下条件下での軟窒化処理により表面硬さ Hv650 以上850 以下、芯部硬さ Hv 550以上、500 N/mm² 以上の疲労強度、更には2500 N/mm²以上の耐ピッチングあるいは耐スポーリング性を備えた軟窒化用鋼を提供すること。

【構成】 C:0.60 ~0.85%、Si:0.20 ~1.50%、Mn: 0.40 ~1.60%、Cr:0.30超~1.50%、V: 0.05~0.80 %、Mo: 0.05 ~0.50%、さらに、必要に応じ、Al:0.020~0.100 %、Ti:0.010~0.100 %、Nb:0.010~0.100 %、およびB:0.0005 ~0.0050%から成る群から選んだ1種または2種以上、および/ またはS:0.040~0.130 %、Pb:0.030~0.350 %、およびCa:0.0010 ~0.0100%から成る群から選んだ1種または2種以上、を配合する。

【特許請求の範囲】

【請求項1】 重量%で、

C: 0.60 ~ 0.85%, Si: 0.20 ~ 1.50%,
Mn: 0.40 ~ 1.60%, Cr: 0.30 超 ~ 1.50%,
V: 0.05 ~ 0.80%, Mo: 0.05 ~ 0.50%,
残部Feと不可避免の不純物からなる軟窒化鋼。

【請求項2】 さらに、重量%で、

Al: 0.020 ~ 0.100 %, Ti: 0.010 ~ 0.100 %,
Nb: 0.010 ~ 0.100 %, およびB: 0.0005 ~ 0.0050%
から成る群から選んだ1種または2種以上を含有する請求項1記載の軟窒化鋼。

【請求項3】 さらに、重量%で、

S: 0.040 ~ 0.130 %, Pb: 0.030 ~ 0.350 %, およびCa:
0.0010 ~ 0.0100%から成る群から選んだ1種または2
種以上を含有する請求項1または2記載の軟窒化鋼。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、軟窒化用鋼、特に軟窒化処理後の硬化特性（表面硬さ）に優れ、かつ芯部硬さも十分に高く、疲労強度、耐ピッチング性の点で理想的な軟窒化用鋼に関する。特に、ばね、歯車、クランクなどの機械部品用に適する軟窒化用鋼を提供することである。

【0002】

【従来の技術】軟窒化処理は、 A_1 変態点以下、一般に570℃程度の温度で、例えばシアン系化合物の塩浴、RXガス（吸熱型変性ガス）またはNXガス（発熱型変性ガス）等により被処理物を処理して、窒素と共に一部の炭素を鋼中に侵入させ、表層部を硬化させる表面硬化法の1種である。

【0003】この方法は浸炭—焼入法の如く被処理物に大きな歪を生じさせることがなく、また窒化法の如く長時間を要することもないので、機械部品等の量産に適した方法であるが、これに適する鋼種としての軟窒化用鋼の開発は未だ十分でなく、短時間の軟窒化処理で所望の特性が得られるものはこれまで見られなかった。

【0004】従来、軟窒化用鋼としては、JIS - SCM420 (0.2C - 0.75Mn - 1.1 Cr - 0.2Mo) や SCM435 (0.35C - 0.75Mn - 1.1 Cr - 0.2 Mo) が多用されていたが、これらの鋼の軟窒化処理後の表面硬さ（表面下25μmでの微小ピツカース硬さ）はHv650 以上にはならないため、疲労強度、耐摩耗性の点で満足のゆくものではなかった。

【0005】また、これらの欠点を改善するために、窒化特性を向上させるAlおよびCrを多量に添加したJIS - SAC645 (0.45C - 0.4 Si - 1.5 Cr - 0.2 Mo - 1.0 Al) の場合には、軟窒化処理によって表面硬さはHv850 ~ 1100と非常に高くなるが、そのため、高負荷の下で使用される歯車やベアリングなどでは、表面部の剥離現象が起きやすく、耐ピッチング性あるいは耐スポーリング性が劣っていた。

【0006】さらに、Cr系肌焼鋼に硬化深さ向上に有効なVを添加した軟窒化用鋼も提案されており、外国規格(AISI6118)もある。しかし、上述した従来鋼は、芯部硬さが低く、疲労強度の点で不満があった。

【0007】その他これまでに、例えば以下の特許公開公報に示すように多くの軟窒化用鋼が提案されてきたが、それらはいずれも上述のような特性を同時に満足するものではなかった。特開平3-104816号公報、特開昭64-4457号公報、同64-25949号公報、同61-9555号公報、etc.特に近年軟窒化用鋼の用途として注目されているばね、歯車、クランクなどの機械部品用としては例えば通常の条件下での軟窒化処理により表面硬さHv650 以上850 以下、芯部硬さHv 550以上、500 N/mm² 以上の疲労限、更には2500 N/mm² 以上の面疲労強度を有することが求められ、そのような特性を同時に満足する低合金鋼材料はこれまではなかった。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】よって、本発明の目的は、疲労強度、耐摩耗性にすぐれていると同時に、耐ピッチング性、耐スポーリング性にもすぐれている軟窒化用鋼を提供することである。

【0009】より具体的には、本発明の目的は、通常の条件下での軟窒化処理により表面硬さHv650 以上850 以下、芯部硬さHv550 以上、500 N/mm² 以上の疲労限、更には2500 N/mm² 以上の面疲労強度を備えた軟窒化用鋼を提供することである。

【0010】

【課題を解決するための手段】本発明者らは、上述のような課題を達成すべく行っていた検討段階で、従来、軟窒化用鋼として用いられていた鋼のC量がいずれも0.60%以下であることに根本的な問題意識を抱いた。そして、0.60%超の多量のCを含む鋼においても、優れた軟窒化特性を付与するような鋼の成分系に関する詳細且つ系統的な検討を行った。

【0011】その結果、C量が0.60%超の鋼においても、①Cr量、V量およびMo量を、ある相関関係で規定することにより、通常の条件下での軟窒化処理により、表面硬さHv650 以上、850 以下が得られること、さらに②C量、Si量、V量の規定により芯部硬さHv550 以上が得られること、そしてその結果、③疲労強度、耐摩耗性、耐ピッチング性、耐スポーリング性の一層の向上が図れるとの知見を得た。

【0012】また、軟窒化特性の向上のみならず、機械要素部品として、軟窒化処理後優れた靱性が必要とされる場合には、④Al、Ti、NbまたはBを添加することが好ましく、特にこれらの元素は軟窒化特性の向上に加えて、靱性も向上させることが見出した。さらに、⑤軟窒化処理前に切削を施す場合には、切削性向上に有効なS、PbまたはCaを添加するのが好ましいことも判明した。

【0013】ここに、本発明の要旨とするところは、重量%で、C:0.60～0.85%、Si:0.20～1.50%、Mn:0.40～1.60%、Cr:0.30超～1.50%、V:0.05～0.80%、Mo:0.05～0.50%、さらに、必要に応じ、Al:0.020～0.100%、Ti:0.010～0.100%、Nb:0.010～0.100%、およびB:0.0005～0.0050%から成る群から選んだ1種または2種以上、および/またはS:0.040～0.130%、Pb:0.030～0.350%、およびCa:0.0010～0.0100%から成る群から選んだ1種または2種以上、残部Feと不可避的不純物とからなる軟窒化鋼である。

【0014】

【作用】次に、本発明に係わる軟窒化用鋼の組成を上記の範囲内に限定した理由について述べる。本明細書において%は特にことわりがない限り重量%である。

【0015】C：Cは強度確保のための基本成分であり、芯部強度確保のためには0.60%超とするしかし、0.85%を越えると芯部の延性、靱性が低下し、切削性、冷間加工性が低下すると共に、軟窒化後の表面硬さが急激に減少し始める。したがって、本発明におけるC量は0.60%超0.85%以下である。

【0016】Si：Siは通常、脱酸剤として添加されるが、固溶強化および焼戻し軟化抵抗の向上にも有効で、結果として軟窒化処理後の芯部硬さを高め、疲労強度を向上させる。このためには0.20%以上必要であるが、1.50%を越えると冷間加工性や溶接性に害を及ぼすので、上限を1.50%とした。好ましくは、0.40%以上1.50%以下である。

【0017】Mn：Mnは製鋼時の脱酸剤として不可欠であり最低0.40%は必要である。しかし、1.60%を越えると切削性が著しく低下し始めるので、下限を0.40%、上限を1.60%とした。

【0018】Cr：Crは軟窒化による侵入Nと結合して表面硬さを高めるのに極めて有効な元素である。その効果を十分に発揮せしめるには0.30%超のCr量が必要であるが、1.50%を越えると通常の軟窒化処理条件下での軟窒化後に表面硬さがHv850を越える靱性が劣化するため、上限を1.50%とした。

【0019】V：Vは軟窒化による侵入Nおよび侵入Cと結合して表面層に微細なV炭窒化物を析出することにより、表面硬さを向上させる。特に、VはCrに比して、表面硬さの上昇に対する寄与は比較的小さいが、含有Cとの結合によるV炭化物の析出硬化によって、芯部硬さの向上に寄与する。この両者の効果が相まって疲労強度の向上に有効となる。このためにはVは少なくとも0.05%必要である。しかし、0.80%を越えて添加すると、芯部硬さの向上が急激になりすぎ、軟窒化処理後に大きな熱処理歪を伴うようになり、また靱性も劣化するので下限を0.05%、上限を0.80%とした。

【0020】Mo：Moは前述のCrと同様に、軟窒化による侵入Cと結合して表面硬さを高めるのに極めて有効な

元素である。その効果を十分に発揮せしめるには、0.05%以上の添加が必要である。しかし0.50%を超えて添加しても、その効果が飽和するので、0.50%を上限とした。

【0021】その他、本発明の好適態様によれば、必要により、Al、Ti、Nb、Bの内の少なくとも1種、および/またはS、Pb、Caの内の少なくとも1種が配合される。

【0022】Al、Ti、Nb、B：これらの元素は0.60%以上のCを含む鋼において、軟窒化特性、特に表面硬さの増大に加えて、本発明が対象としている機械要素部品（歯車、ベアリング、ばね、ボルト、シャフトなど）に対し優れた靱性を付与するのにも、有効な元素である。

【0023】Al：Alは鋼の脱酸のために通常0.01～0.05%程度添加される。またAlはCrと同様に侵入Nと結合して表面硬さを高める効果を有する。特に、Hv800を越えるような高いレベルの表面硬さを求める場合には、脱酸のために添加される上記範囲に対して、下限を限定する必要がある。つまり0.020%以上の添加が必要である。しかし0.100%を越えて添加すると、表面硬さがHv850を越え、表面が脆化し、クラックが入りやすくなるため、靱性が劣化する。したがって0.100%を上限とする。またAlは鋼中のNと結合して、AlNとして微細に分布し、結晶粒を微細化させる。それにより靱性を向上させる効果も上記添加範囲内で得ることができる。

【0024】Ti：Tiは侵入C、侵入Nと結合して、表面硬さを高める。軟窒化処理後Hv800～850の表面硬さを得るときには有効な元素である。その効果を発揮させるためには0.010%以上必要である。しかし0.100%を越えて添加すると、表面硬さがHv850を越え、靱性が劣化するので、0.100%を上限とする。またTiは鋼中でCと結合して、Ti炭化物として微細に分散し、結晶粒を微細化させる。これにより、上記添加範囲内で、靱性を向上させる効果を有する。

【0025】Nb：Nbも前出のTiと全く同じ効果を有する元素である。軟窒化処理後、表面硬さHv800～850を確保するためには、最低0.010%必要である。しかし、0.100%を越えて添加すると、表面硬さがHv850を越え靱性を劣化させるので、0.100%を上限とする。また、Nbは鋼中でCと結合して、Nb炭化物として微細に分散し、結晶粒を微細化させる。それによって、上記添加範囲内で、靱性を向上させるのに有効である。

【0026】B：Bは侵入Nと結合して表面でBNを形成し、表面硬さを増加せしめる効果を有する。したがってBについても、軟窒化後Hv800を越える表面硬さが必要なときには、0.0005%以上の添加を必要とする。0.0050%を越えて添加させても、その効果が飽和するので、0.0050%を上限とする。またBは鋼中のセメンタイト中に侵入し、セメンタイトの靱性を向上させる。その結果上記添加範囲内で、軟窒化処理部品の靱性を向上させる

ものである。

【0027】S、Pb、Ca：これらの成分は、軟窒化処理前に切削を施す場合の切削性向上に有効である。軟窒化処理前に深穴穿孔、重切削、高速切削などが施される場合には、切削性が要求される度合いに応じて、これらの元素の1種又は2種以上を含有させることができる。これらの元素は硬化特性に対しては影響を及ぼさない。

【0028】構造用鋼の切削性を高めるのに必要最少限の添加量は、S：0.040%、Pb：0.030%、Ca：0.0010%である。またSは0.130%、Pbは0.350%を越えると強度・靱性の低下が甚だしくなり、一方Caは溶製上0.0100%を越えて添加するのは困難であるので、Sについては下限を0.04%、上限を0.13%、Pbについては下限を0.03%、上限を0.35%、Caについては下限を0.0010%、上限を0.0100%とした。次に、本発明の作用効果について実施例に基づいてさらに具体的に説明する。

【0029】

【実施例】表1に示す組成を有する鋼を真空溶解炉により大気溶解し、鋼塊にしたのち、1250℃に加熱し、直径30mmの丸棒に熱間鍛造した。しかる後に850℃、1hr加熱保持し、80℃の油槽に油焼入れした。さらに400℃、1hr加熱保持後、大気放冷した。その後30mm丸棒中心からJIS3号シャルピー試験片(2mmUノッチ)、回転曲げ疲労試験片(図1)、および転動疲労試験片(図2)を製作した。

【0030】図1において、図1(a)は側面図、図1(b)端面図、そして図1(c)は切欠部の拡大図であり、図中の試験片10の寸法を示す数字はmmであり、中心部には切欠部12が設けられており、一方の端部には孔14が設けられている。図2に示す試験片16にあっては中心部に太径部18が設けられている。なお、図2(a)は側面図、図2(b)は端面図である。

【0031】これら一連の試験片に対し、アンモニアガス+RXガス(1:1)の混合ガス中において570℃で4時間のガス軟窒化処理を施した。軟窒化処理後、回転曲げ試験片の10mmφ平行部を切断し、横断面において表面硬さ(表面下25μmでの微小ビッカース硬さ)および芯部硬さ(R/2位置つまり表面から2.5mm位置における微小ビッカース硬さ)を測定した。

【0032】供試鋼の強度評価は、曲げ疲労については小野式回転曲げ疲労試験機にて試験を行い、疲労限を評価基準とし、面疲労については、転動疲労試験機にて行い、 10^7 回転可能な許容面圧を評価基準とした。転動疲労試験の条件は、潤滑油温度80℃、すべり率40%である。結果をまとめて表1-1および表1-2に示す。

【0033】鋼1~26は本発明の範囲内の成分組成を有する。一方鋼27~44は本発明の範囲外の成分組成の比較鋼である。更に鋼45、46はそれぞれJISに規定されているSCM435、およびSACM645である。鋼1~26はいずれも表面硬さHv 650~850、芯部硬さHv 550以上となっている。したがって小野式回転曲げ試験による疲労限も500N/mm²以上、面疲労強度も2500N/mm²と良好な値を示している。さらにシャルピー吸収エネルギーも20N・m以上となっており、良好な靱性を示している。

【0034】つまり本発明鋼は0.60%超のC量を含むにもかかわらず、軟窒化特性が優れており、疲労強度および高面圧での転動疲労特性が優れている。また構造用鋼として必要な靱性も具備している。一方、本発明の要件を満たさない鋼27~46においては、軟窒化特性の不良にともなう疲労強度あるいは面疲労強度の劣化が生じている。あるいは靱性の劣化により、構造用鋼として使用できない結果となっている。

【0035】

【表1】

区 分	化 学 组 成 (重量%)											軟化特性		疲 勞 特 性		吸 収 係 数 (N・a)				
	No	C	Si	Mn	P	Cr	V	Mo	Al	Ti	Nb	B	Pb	Ca	S		表面硬さ (Hv)	芯部硬さ (Hv)	曲げ疲労限 (N/mm ²)	面疲労強度 (N/mm ²)
本 発 明	1	0.61	1.48	0.41	0.012	1.49	0.06	0.25	0.010	0.003	0.008	0.0001	0.010	0.0001	0.018	771	600	600	2610	20
	2	0.69	0.85	1.12	0.008	0.90	0.50	0.30	0.018	0.006	0.009	0.0002	0.010	0.0001	0.010	750	620	620	2700	21
	3	0.75	0.60	1.58	0.006	0.31	0.79	0.05	0.015	0.006	0.002	0.0001	0.011	0.0001	0.008	789	611	600	2770	20
	4	0.84	0.21	0.72	0.015	0.50	0.68	0.49	0.008	0.007	0.008	0.0004	0.009	0.0002	0.020	651	622	620	2700	20
	5	0.80	0.41	0.98	0.028	1.25	0.38	0.18	0.005	0.009	0.001	0.0002	0.001	0.0001	0.002	661	611	610	2810	21
解 説	6	0.62	0.81	0.82	0.022	1.29	0.06	0.50	0.051	0.005	0.007	0.0001	0.002	0.0002	0.021	822	623	620	2810	32
	7	0.73	0.78	0.51	0.010	0.33	0.12	0.06	0.015	0.046	0.006	0.0003	0.012	0.0003	0.022	841	618	600	2800	31
	8	0.81	0.66	0.62	0.014	1.14	0.23	0.47	0.006	0.005	0.061	0.0002	0.003	0.0005	0.018	816	630	620	2830	30
	9	0.77	0.33	0.77	0.019	0.36	0.58	0.28	0.011	0.004	0.001	0.0025	0.013	0.0004	0.003	822	621	610	2800	29
	10	0.67	0.24	0.46	0.016	1.02	0.62	0.44	0.086	0.023	0.005	0.0001	0.011	0.0006	0.004	840	661	630	2850	25
鋼	11	0.72	0.28	0.81	0.022	0.52	0.05	0.08	0.063	0.009	0.023	0.0001	0.010	0.0004	0.017	832	581	540	2810	28
	12	0.68	0.20	0.58	0.017	0.93	0.79	0.41	0.048	0.008	0.006	0.0010	0.004	0.0005	0.018	840	572	560	2900	32
	13	0.60	0.72	1.60	0.006	0.52	0.72	0.32	0.003	0.011	0.089	0.0001	0.017	0.0008	0.008	840	684	650	2900	36
	14	0.70	0.44	1.12	0.018	0.30	0.69	0.23	0.018	0.004	0.011	0.0033	0.005	0.0003	0.005	831	621	630	2880	32
	15	0.75	1.33	1.10	0.022	0.48	0.45	0.31	0.006	0.008	0.005	0.0006	0.018	0.0004	0.038	801	661	650	2830	33
	16	0.81	1.48	0.40	0.010	0.73	0.15	0.08	0.036	0.081	0.082	0.0048	0.001	0.0003	0.020	848	584	570	2860	36
	17	0.83	0.51	1.00	0.016	0.88	0.36	0.11	0.019	0.009	0.002	0.0002	0.002	0.0006	0.063	751	581	580	2770	38
	18	0.70	0.38	1.55	0.015	1.30	0.48	0.38	0.013	0.008	0.007	0.0001	0.220	0.0002	0.022	663	592	590	2750	23
	19	0.63	1.36	0.62	0.035	0.72	0.25	0.10	0.016	0.006	0.001	0.0004	0.019	0.0033	0.012	672	551	550	2630	21
	20	0.76	0.63	0.71	0.021	0.91	0.80	0.35	0.012	0.001	0.003	0.0003	0.041	0.0002	0.042	681	600	610	2600	22
	21	0.68	0.93	1.59	0.018	0.66	0.66	0.21	0.019	0.002	0.002	0.0004	0.340	0.0013	0.013	700	611	620	2590	23
	22	0.85	1.50	0.99	0.009	1.16	0.35	0.12	0.015	0.003	0.004	0.0003	0.100	0.0098	0.128	721	572	590	2730	21
	23	0.81	0.83	1.40	0.016	1.26	0.73	0.26	0.021	0.003	0.003	0.0001	0.300	0.0007	0.022	822	582	580	2810	32

内は不純物

区 分	鋼	化 学 組 成 (重量%)										軟窒化特性			疲 勞 特 性		靱 性			
		C	Si	Mn	P	Cr	V	Mo	Al	Ti	Nb	B	Pb	Ca	S	表面 硬さ (Hv)		芯部 硬さ (Hv)	曲げ 疲労 強度 (N/mm ²)	面疲労 強度 (N/mm ²)
本 発 明 鋼	24	0.82	0.91	1.22	0.008	0.36	0.56	0.41	0.019	0.070	0.006	0.0002	0.006	0.0001	0.085	833	561	550	2820	36
	25	0.66	1.07	1.33	0.013	1.29	0.78	0.29	0.009	0.001	0.041	0.0001	0.010	0.0073	0.039	840	578	580	2830	37
	26	0.79	1.22	1.33	0.012	0.30	0.68	0.44	0.086	0.002	0.004	0.0007	0.011	0.0058	0.101	845	592	600	2830	32
	27	0.59	0.98	0.71	0.011	0.30	0.75	0.10	0.010	0.001	0.008	0.0001	0.010	0.0001	0.009	660	532	480	2510	22
比 較 鋼	28	0.86	1.03	1.39	0.002	0.35	0.70	0.12	0.011	0.002	0.001	0.0004	0.003	0.0002	0.011	630	560	490	2300	8
	29	0.70	0.19	0.81	0.012	1.41	0.46	0.35	0.013	0.002	0.007	0.0002	0.011	0.0003	0.013	655	545	470	2500	24
	30	0.65	0.25	0.93	0.016	0.24	0.58	0.37	0.004	0.004	0.009	0.0004	0.008	0.0003	0.007	630	545	480	2400	21
	31	0.81	0.93	1.30	0.014	1.51	0.55	0.31	0.017	0.004	0.004	0.0004	0.013	0.0001	0.003	872	600	520	2800	3
	32	0.67	0.27	0.96	0.012	1.11	0.04	0.38	0.006	0.005	0.006	0.0004	0.007	0.0002	0.003	635	530	430	2310	22
	33	0.79	0.83	0.44	0.023	0.45	0.82	0.29	0.019	0.005	0.008	0.0001	0.006	0.0009	0.006	795	650	630	2850	2
	34	0.69	0.29	1.49	0.018	1.01	0.51	0.04	0.003	0.006	0.005	0.0004	0.020	0.0002	0.011	640	535	430	2200	25
	35	0.77	1.23	0.99	0.008	0.50	0.46	0.51	0.008	0.009	0.007	0.0002	0.005	0.0008	0.018	651	623	620	2700	20
	36	0.58	0.31	0.49	0.012	0.81	0.73	0.03	0.005	0.007	0.006	0.0002	0.019	0.0003	0.020	638	525	450	2400	21
	37	0.71	0.78	0.88	0.026	0.20	0.04	0.40	0.007	0.006	0.006	0.0002	0.004	0.0001	0.022	630	515	440	2380	22
鋼	38	0.75	0.33	1.51	0.003	0.23	0.04	0.04	0.010	0.008	0.007	0.0002	0.018	0.0007	0.011	610	503	410	2300	25
	39	0.88	0.73	0.55	0.005	1.52	0.81	0.42	0.009	0.008	0.005	0.0004	0.003	0.0004	0.016	620	600	560	2410	1
	40	0.68	0.68	0.61	0.006	0.53	0.40	0.25	0.101	0.007	0.009	0.0003	0.010	0.0005	0.014	852	572	510	2300	3
	41	0.66	0.62	0.67	0.003	0.58	0.60	0.18	0.004	0.101	0.003	0.0003	0.009	0.0004	0.033	860	560	520	2810	2
	42	0.64	0.37	1.49	0.009	0.70	0.18	0.46	0.006	0.005	0.101	0.0003	0.008	0.0003	0.016	855	570	530	2800	3
	43	0.69	1.00	0.99	0.011	0.35	0.20	0.22	0.010	0.003	0.002	0.0004	0.005	0.0001	0.131	780	560	510	2700	2
	44	0.71	1.11	1.08	0.016	0.48	0.11	0.43	0.011	0.001	0.001	0.0004	0.351	0.0001	0.011	780	570	520	2830	2
	45	0.35	0.32	0.70	0.012	1.15	0.01	0.25	0.023	0.001	0.001	0.0001	0.001	0.0001	0.011	600	300	330	1800	22
	46	0.45	0.33	0.50	0.015	1.50	0.01	0.27	1.000	0.001	0.001	0.0001	0.001	0.0001	0.013	900	350	380	2800	1

内は不純物

【0037】

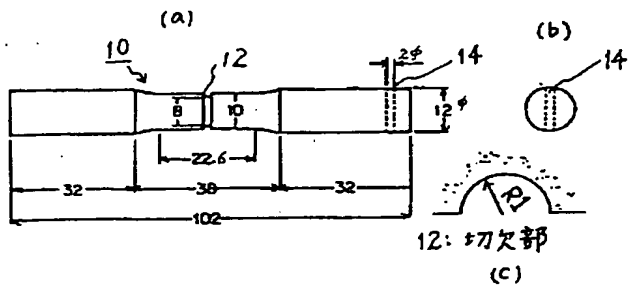
【発明の効果】以上説明してきたように、本発明によれば、0.60% C超とするとともに、他の成分を規制することにより、従来は到底得られなかった良好な軟窒化特性を実現したものであり、疲労強度、耐摩耗性、靱性に優れた軟窒化鋼を提供するものである。

【図面の簡単な説明】

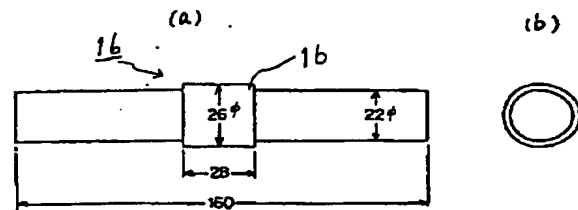
【図1】試験片の概略説明図であり、図1(a)は側面図、図1(b)は端面図、図1(c)は部分拡大図である。

【図2】試験片の概略説明図であり、図2(a)は側面図、図2(b)は端面図である。

【図1】



【図2】



フロントページの続き

(72) 発明者 宇野 光男
 北九州市小倉北区許斐町1番地 住友金属
 工業株式会社小倉製鉄所内